

Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050



Coordination : Eric SAUQUET (Irstea HHLY Lyon-Villeurbanne)

Analyser l'impact hydrologique et socio-économique du
changement climatique et l'effet de stratégies d'adaptation dans
le bassin de la Durance à l'horizon 2050



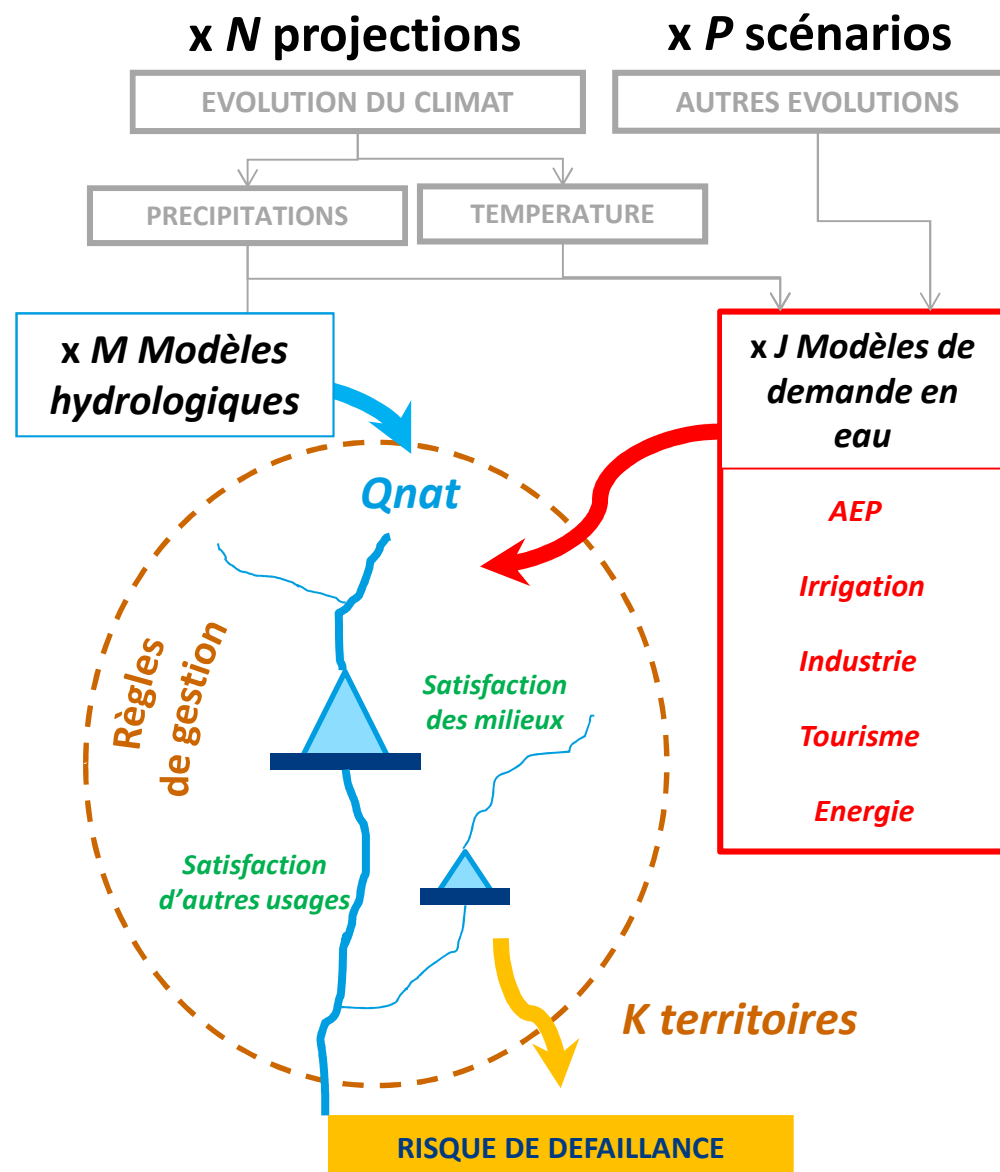
Journée de restitution de l'APR 2010 du programme GICC- 21 mai 2014, Paris

L'approche globale

Une étude d'impact du changement global

Objectif : caractériser au mieux le système étudié (diagnostic, sensibilité et réponse du milieu) soumis à différentes perturbations

Une approche multi-modèle et multi-scénario pour apprécier les incertitudes

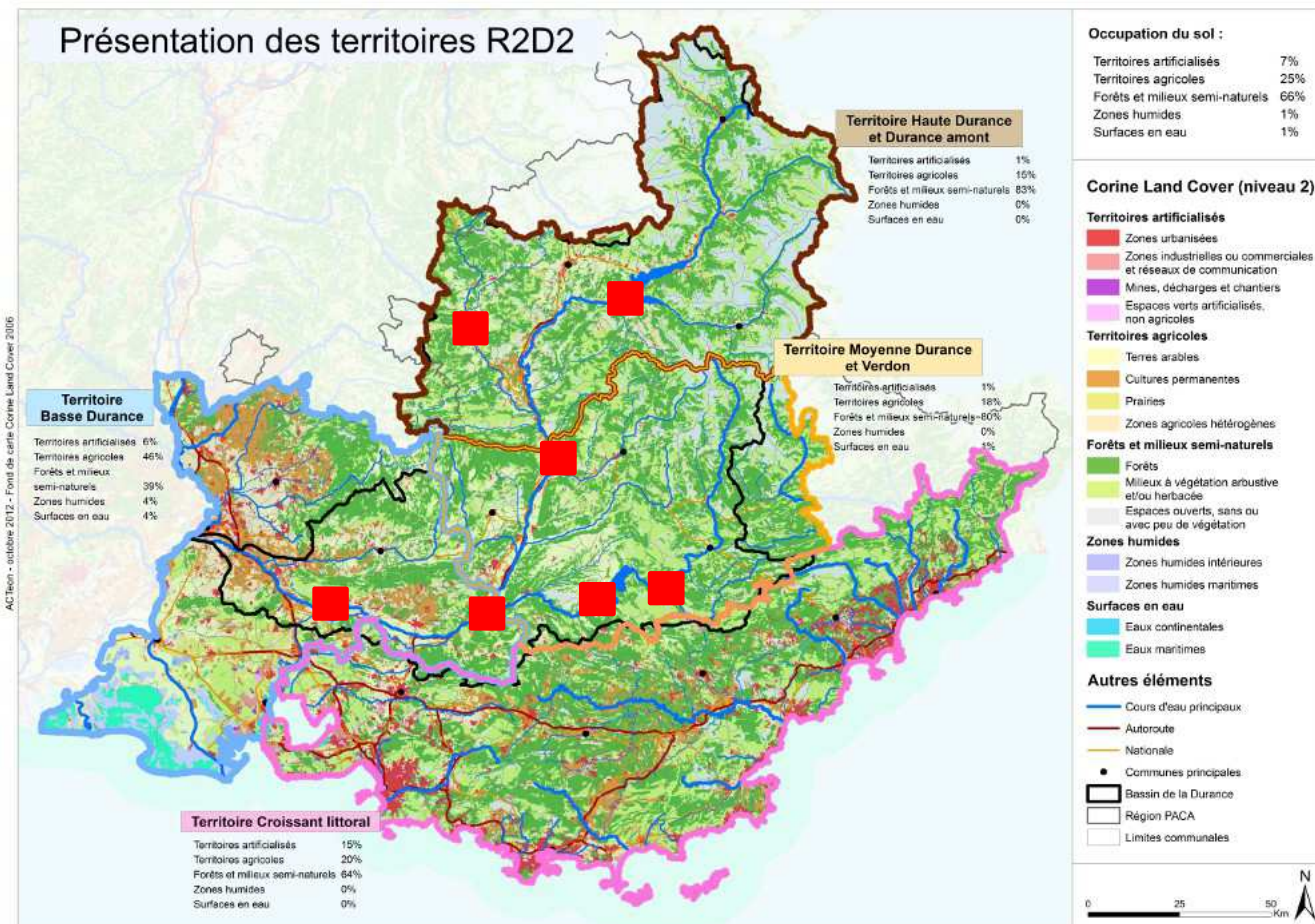


Le bassin de la Durance en amont de Mallemort (~ 13 000 km²)

→ Modélisation de la ressource naturelle en 25 bassins jaugés dont 7 points principaux ■ (dits « de contrôle »)

→ Modélisation de la demande des territoires alimentés par les eaux du système Durance-Verdon

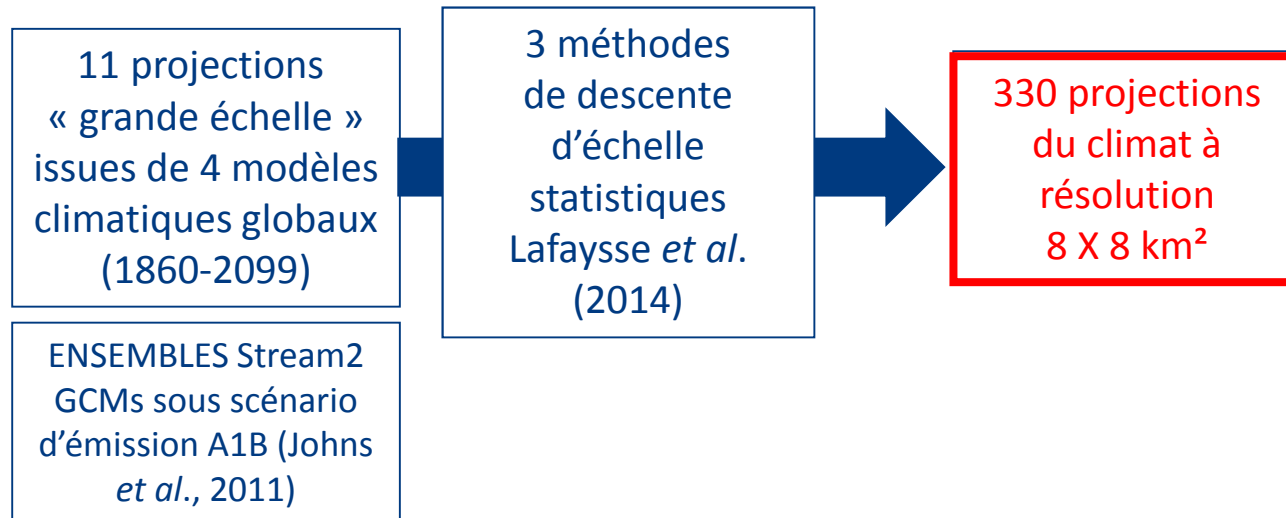
→ Quantification offre-demande sur sept sous bassins versants associés aux sept points de contrôle ■





Les composantes du projet

- Elaboration de projections climatiques à l'échelle du territoire et aux résolutions spatiale et temporelle souhaitées par les modèles hydrologiques et modèles de demande en eau et compatibles avec les moyens de calculs disponibles :

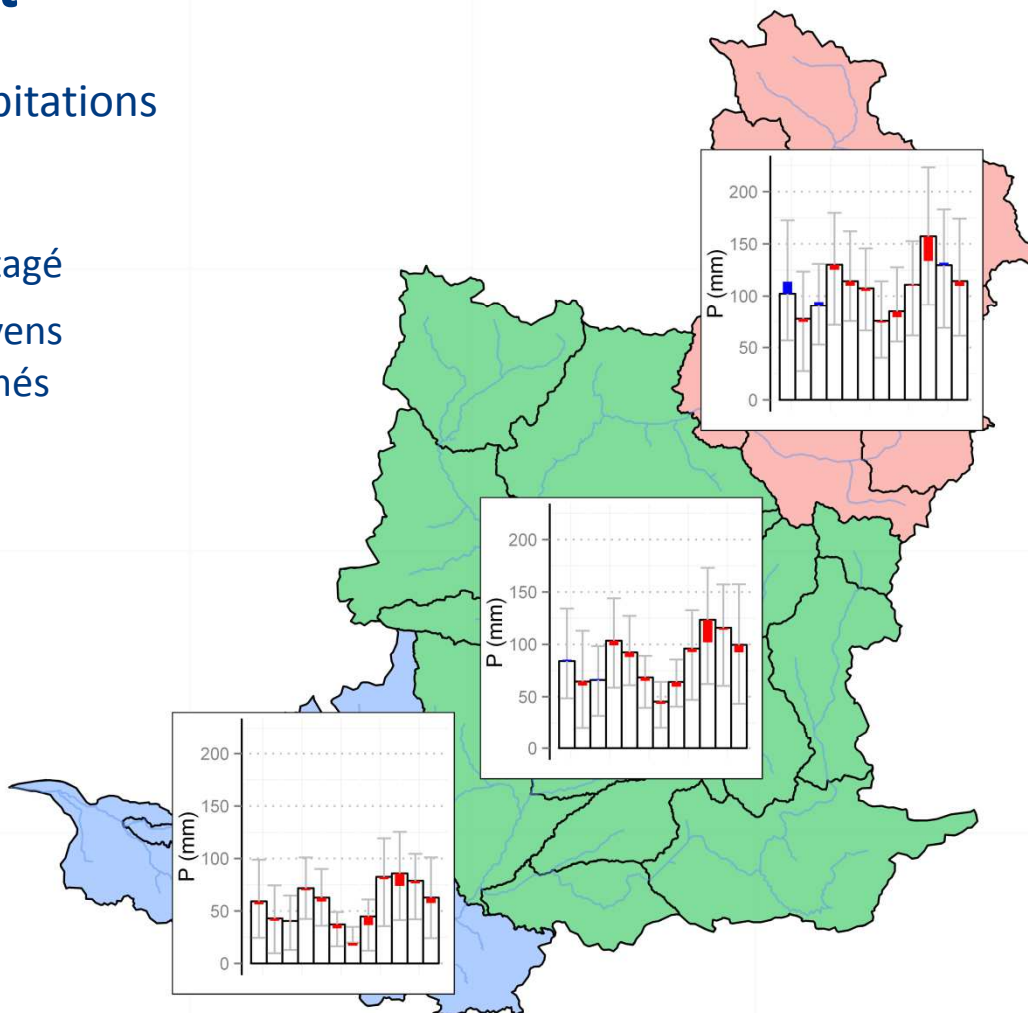


- Dans le projet : **comparaison entre climat simulé actuel (1980-2009) et futur (2036-2065)**

Le devenir du climat

→ Variables : douze précipitations mensuelles moyennes

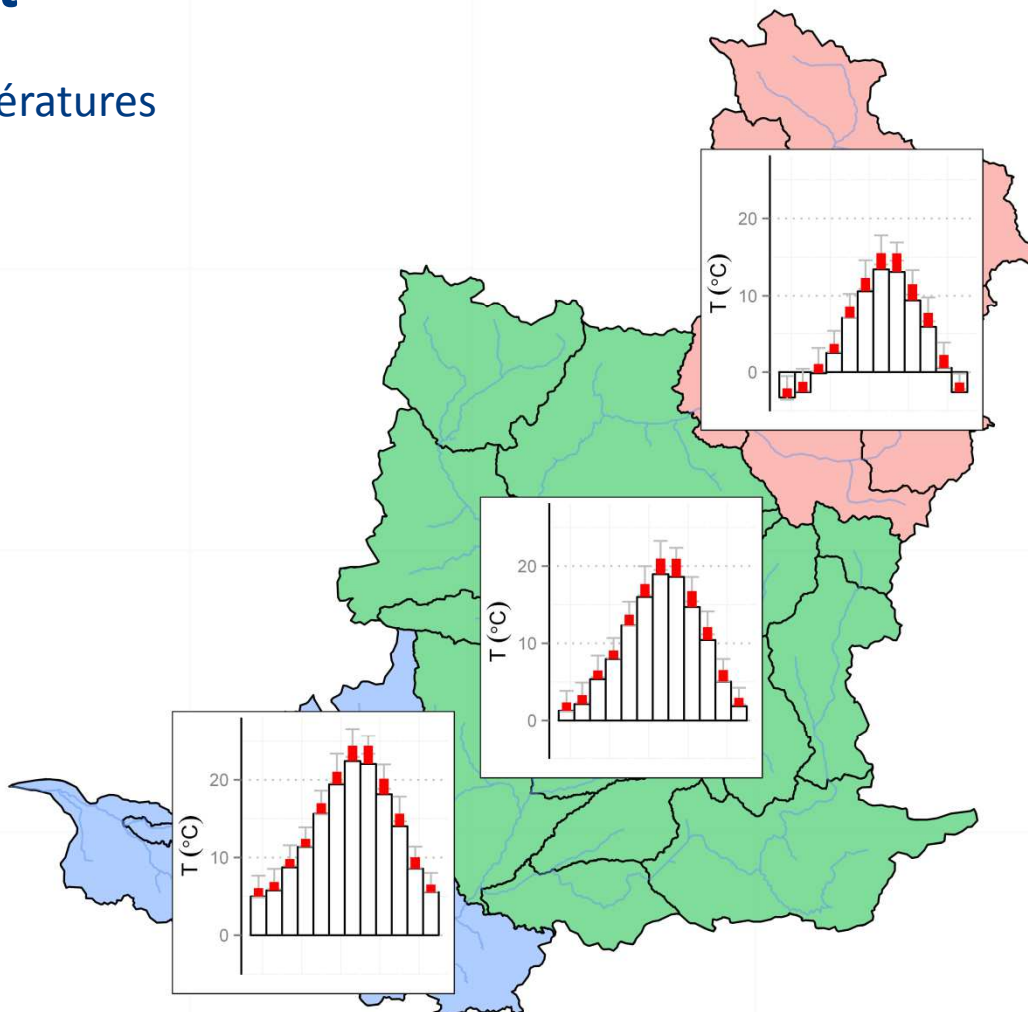
- Absence de signal partagé
- Des changements moyens peu marqués et entachés de fortes incertitudes



Le devenir du climat

→ Variables : douze températures mensuelles moyennes

- Tendance partagée : augmentation des températures
- Changement plus prononcé en été





Conclusion sur le devenir du climat

→ *Quelques chiffres clefs...*

Le changement climatique envisagé sur la période 2036-2065, mesuré sur les 330 projections, se traduit à l'échelle annuelle en écart moyen [min ; max] par rapport au climat présent 1980-2009 :

	Température (°C)	Evapotranspiration (mm)	Précipitation (mm)
Haute Durance	+ 1,7 [1,0 ; 3,1]	+ 63 [15 ; 136]	- 9 [-223 ; + 302]
Moyenne Durance	+ 1,6 [0,8 ; 2,9]	+ 53 [7 ; 121]	- 35 [-176 ; +183]
Basse Durance	+ 1,6 [0,8 ; 2,9]	+ 46 [4 ; 106]	- 35 [-153 ; +99]

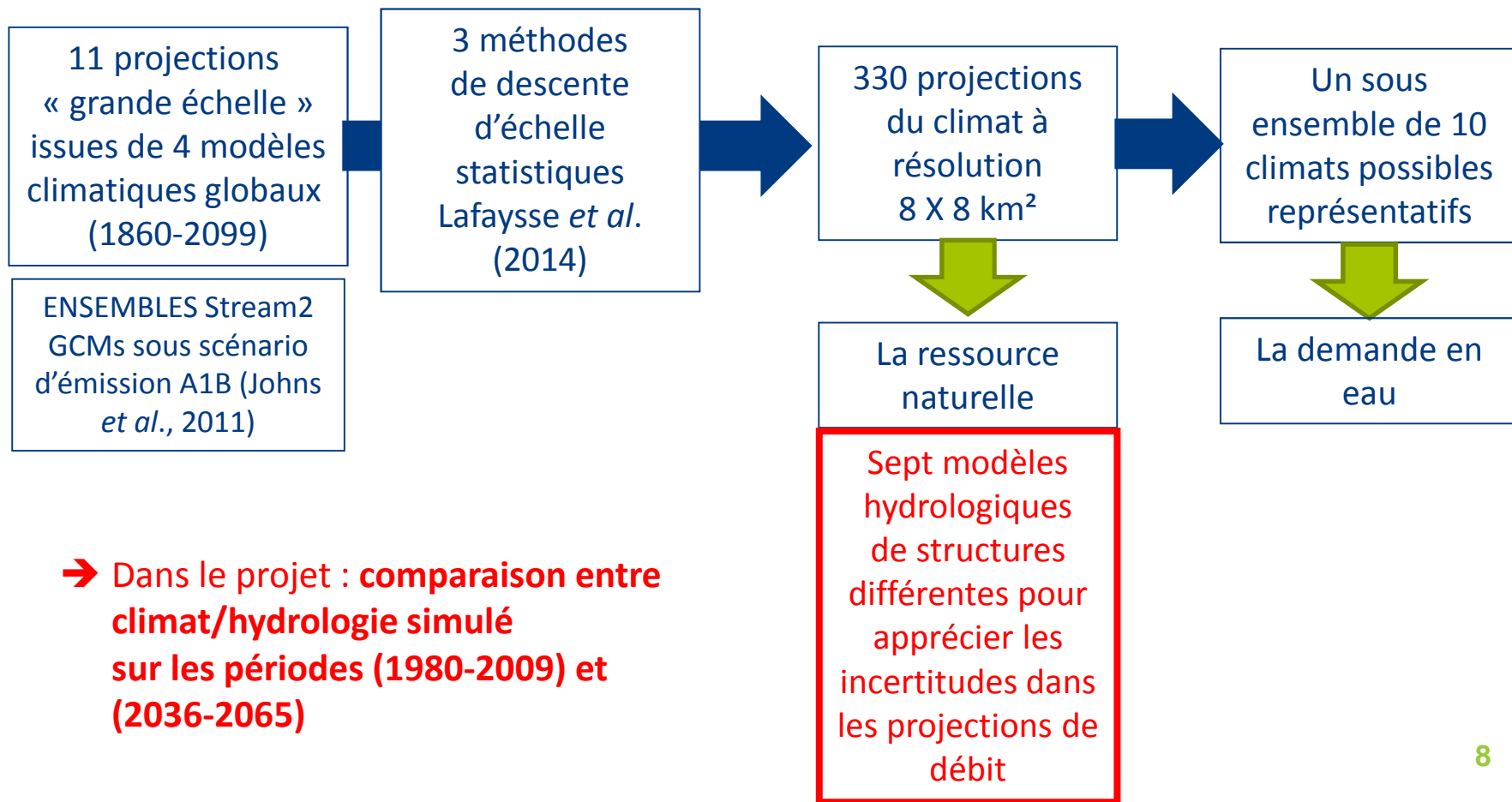
Il faut retenir :

- une augmentation d'au moins 1° C sur l'ensemble du bassin
- une hausse de l'évapotranspiration potentielle sur l'ensemble du bassin, de l'ordre de 50 mm
- une évolution incertaine des précipitations
- impossibilité d'exploiter les 330 scénarios pour estimer la demande en eau
→ sélection d'un jeu de 10 projections représentatives



Les composantes du projet

→ Elaboration de projections hydrologiques en 25 points du territoire pour obtenir une vision des contrastes régionaux :



→ Dans le projet : **comparaison entre climat/hydrologie simulé sur les périodes (1980-2009) et (2036-2065)**

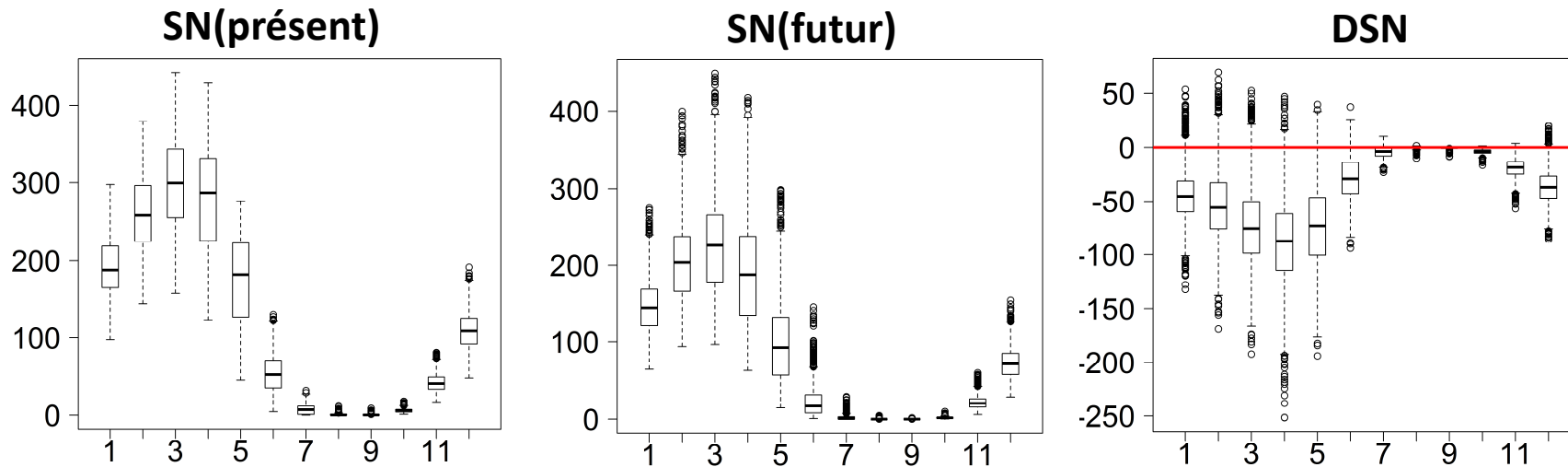


Projeter le futur de la ressource en eau

Variable contenu en eau du Stock Neigeux

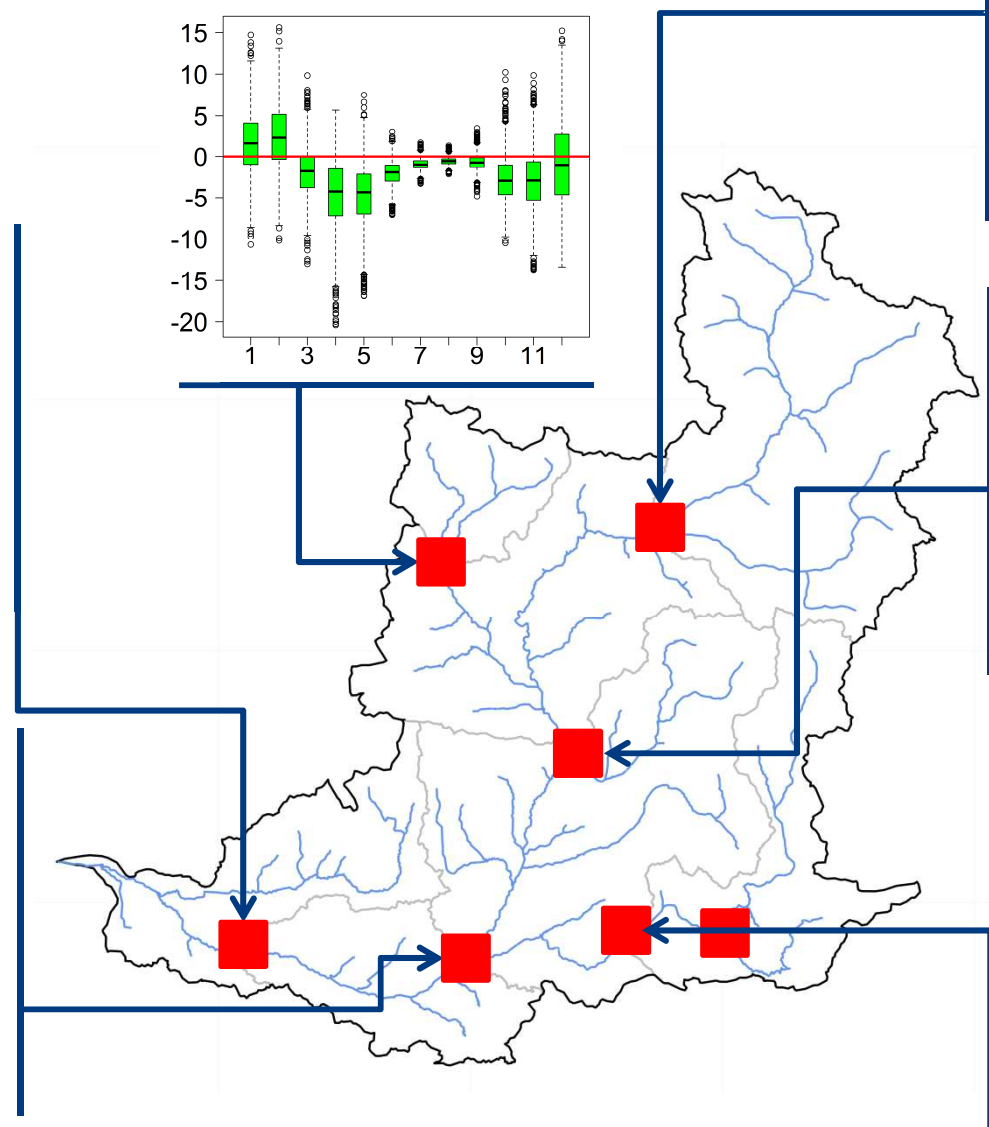
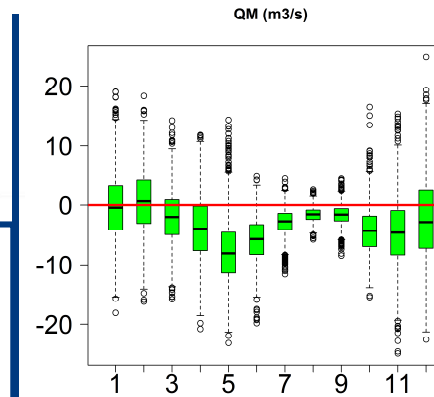
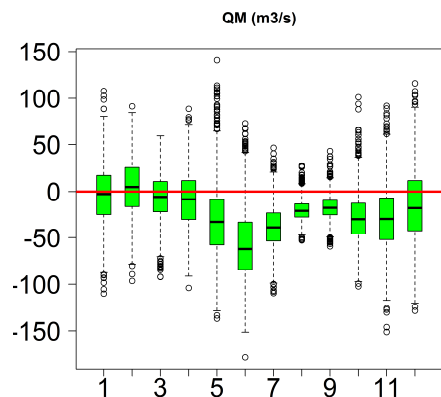
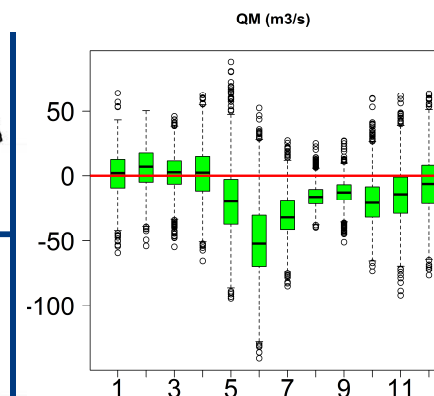
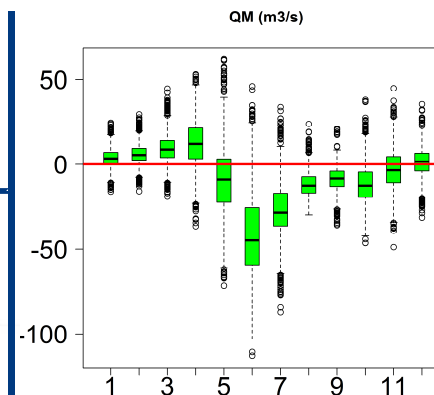
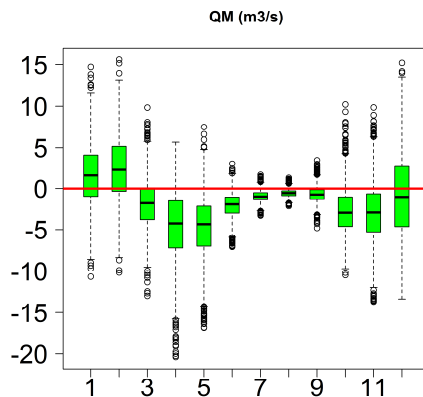
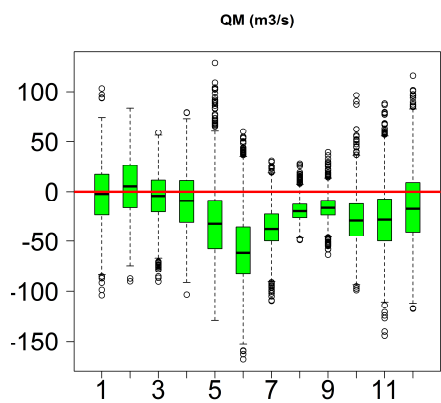
Examen de la différence **DSN = SN(futur) – SN(présent)**

Exemple de la Durance à Serre-Ponçon :



Projeter le futur de la ressource en eau

Diagnostic sur les débits mensuels QM



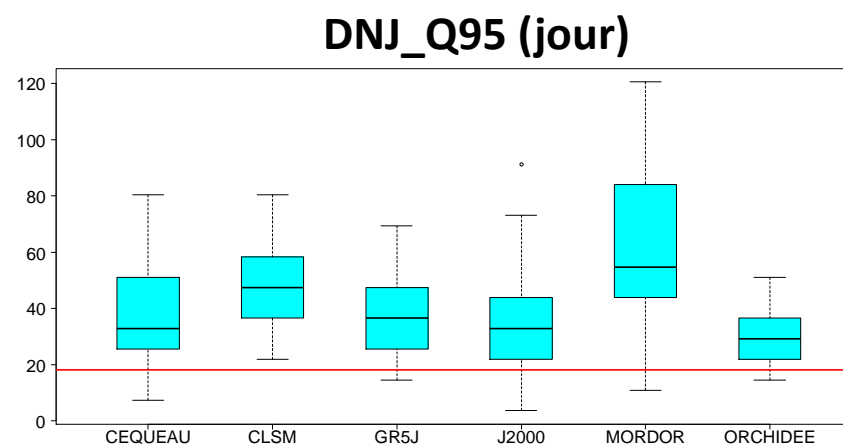
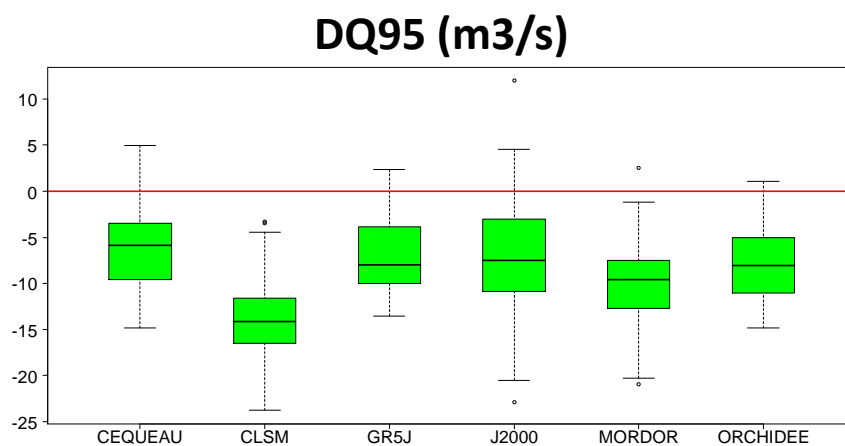
Projeter le futur de la ressource en eau

→ Variable Q95 = valeur souspassée en moyenne 5% du temps (18 jours par an)

→ Examen de :

- Anomalie **DQ95 = Q95(futur) - Q95(présent)**
- Nombre de jours futur **NJ_Q95** sous le débit **Q95(présent)**

→ Exemple de la Durance à Cadarache :



→ **Seuil zéro en rouge, synonyme d'absence de changement**

- Une diminution du Q95 partagée avec pour conséquence
- Une augmentation du nombre de jours futur **NJ_Q95** sous le débit **Q95(présent)**



Conclusion sur le futur de la ressource naturelle

→ *Quelques chiffres clefs...*

Les modèles hydrologiques semblent converger vers :

- Un stock de neige plus réduit, conséquence d'une augmentation des températures
- Un maximum observé plus précocement, plus faible de 80 mm, soit une perte équivalente à **280 Mm³**. Les changements du volume en eau maximal stocké évoluent entre -250 mm et +50 mm
- Une réduction des débits d'étiage estivaux, de l'ordre de **20 m³/s** sur le débit moyen d'août et une augmentation de **20 jours** du temps sous le seuil actuel Q95 à **Cadarache**
- Une évolution de la ressource annuelle autour de **-20 m³/s** entre **+40 et -70 m³/s**, soit en équivalent de **-600 Mm³/an** entre **+1200 et -2200 Mm³**, à **Cadarache**
- Une augmentation des jours de « Crise renforcée », synonyme de restrictions d'usage plus fréquente

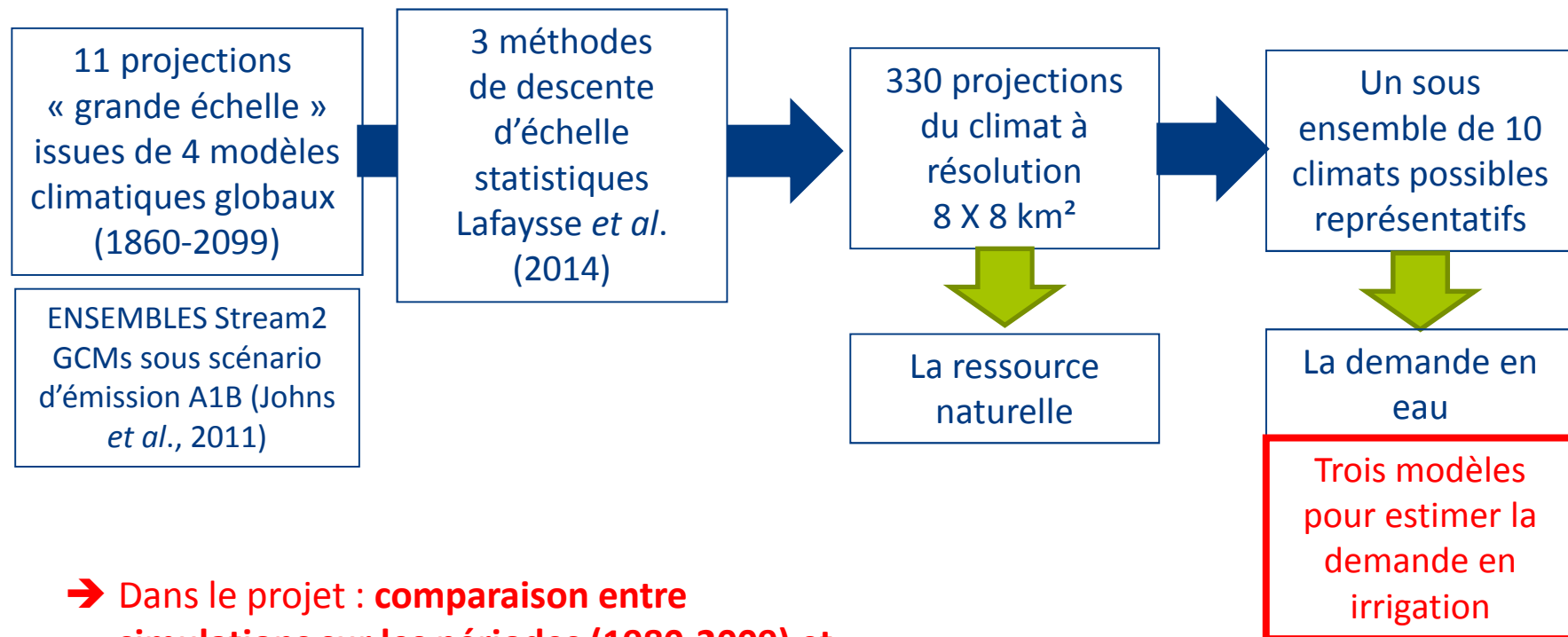
Le signal concernant les débits d'hiver n'est pas manifeste, du fait notamment de forte variabilité dans les projections sur les pluies

Les modifications portant sur la constitution du stock de neige et sur sa fonte constatées à Serre-Ponçon se propagent vers l'aval



Les composantes du projet

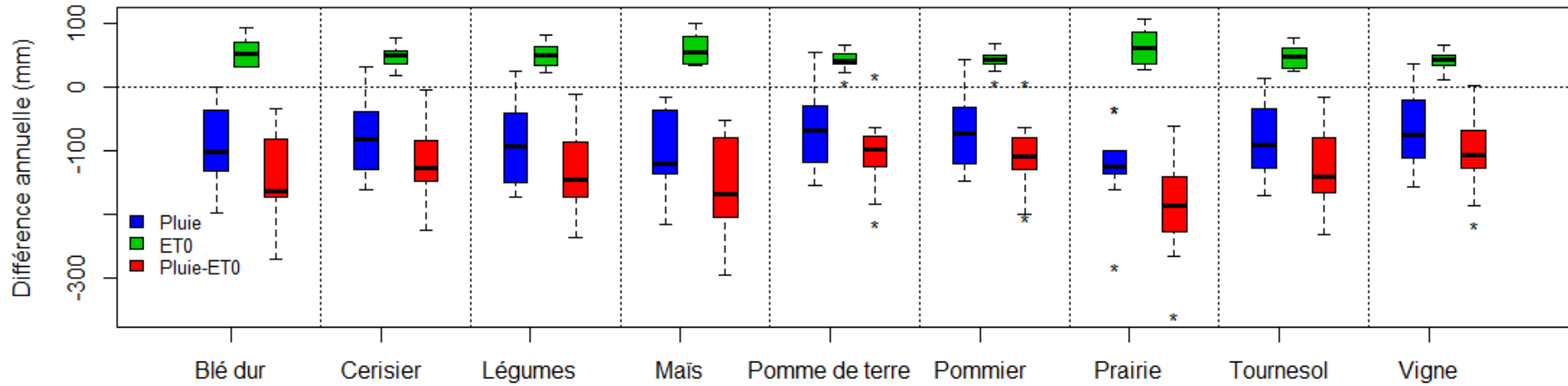
→ Elaboration de futures demandes en eau par grand usage :



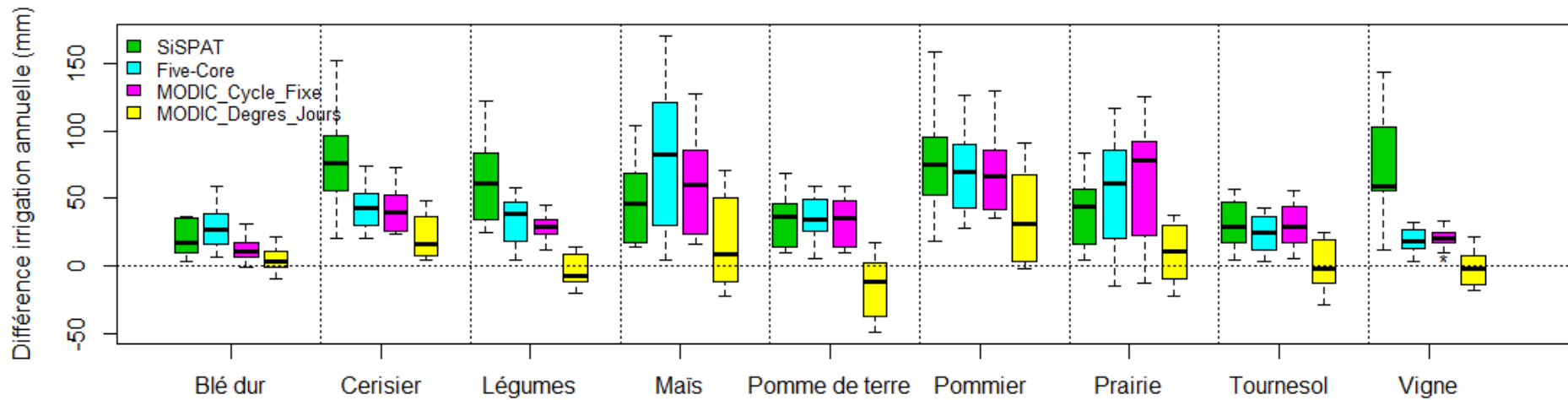
→ Dans le projet : **comparaison entre simulations sur les périodes (1980-2009) et (2036-2065)**



Le devenir des besoins en eau des plantes



Différence irrigation annuelle 2036-2065 - 1980-2009





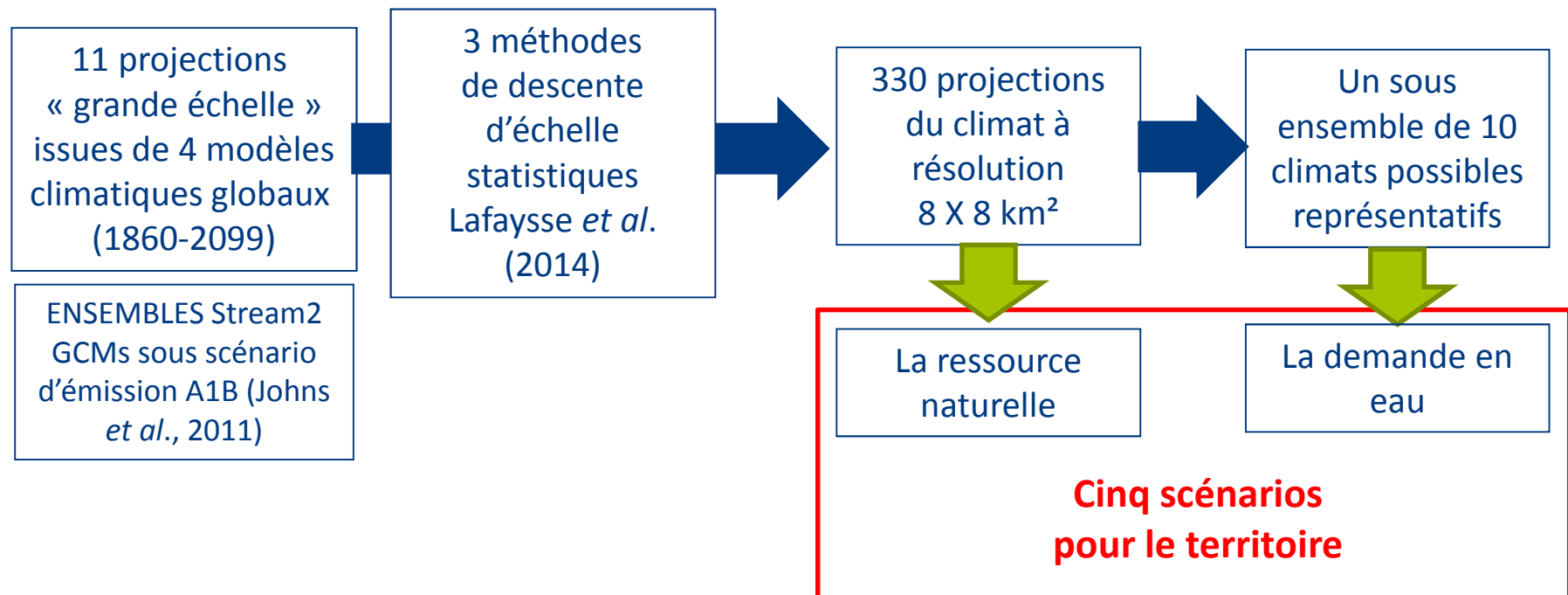
Conclusion sur le futur de la demande en eau d'irrigation

- Des différences significatives dans les demandes simulées sous climat passé
- Un déficit hydrique P-ET0 qui s'accroît entre 1980-2009 et 2036-2064
- Les modèles ne prenant pas en compte l'évolution de la phénologie sont relativement cohérents par type de culture (sauf vigne) et proposent des augmentations de besoins unitaires
- Lorsque les modèles peuvent intégrer des changements dans la phénologie des plantes (ex. MODIC_Degre_Jours avec conditionnement des dates de semis aux conditions climatiques antérieures), les demandes ne sont pas forcément augmentées (cohérent avec les résultats du projet CLIMATOR, même si c'était plutôt à l'horizon 2100 et pas 2050)
- Les modèles ne prennent pas explicitement en compte l'impact de l'augmentation de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère, qui limite la croissance végétale et la transpiration



Les composantes du projet

→ Elaboration de scénarios de développement territorial inséré dans un contexte global avec l'appui des acteurs (quatre ateliers, dont le dernier en mars 2014) :





Des scénarios pour le territoire

Le futur n'étant pas prévisible, une des manières d'appréhender l'incertitude de l'avenir de manière stratégique est d'en déterminer un faisceau à l'aide de scénarios contrastés.

Deux options s'offraient à nous, élaborer :

1. des scénarios de demande en eau future ou
2. des scénarios de territoire et en déduire une demande en eau

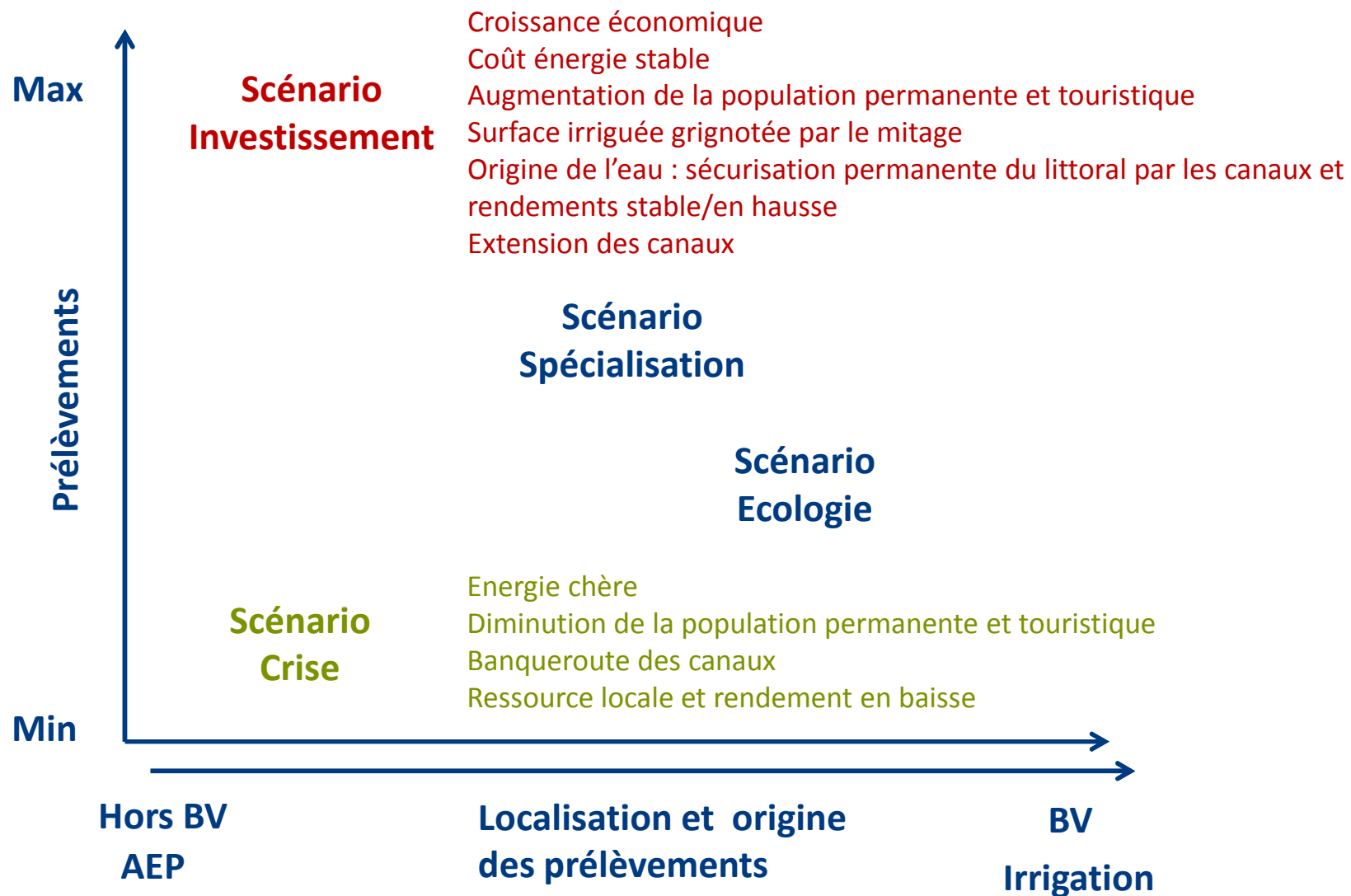
La solution 2 a été retenue avec une implication des acteurs

Notons que :

- d'autres scénarios auraient pu expliquer un même « niveau » de demande en eau
- les scénarios ont été élaborés **indépendamment de l'évolution du climat**
- le futur du territoire n'est certainement pas un de nos scénarios

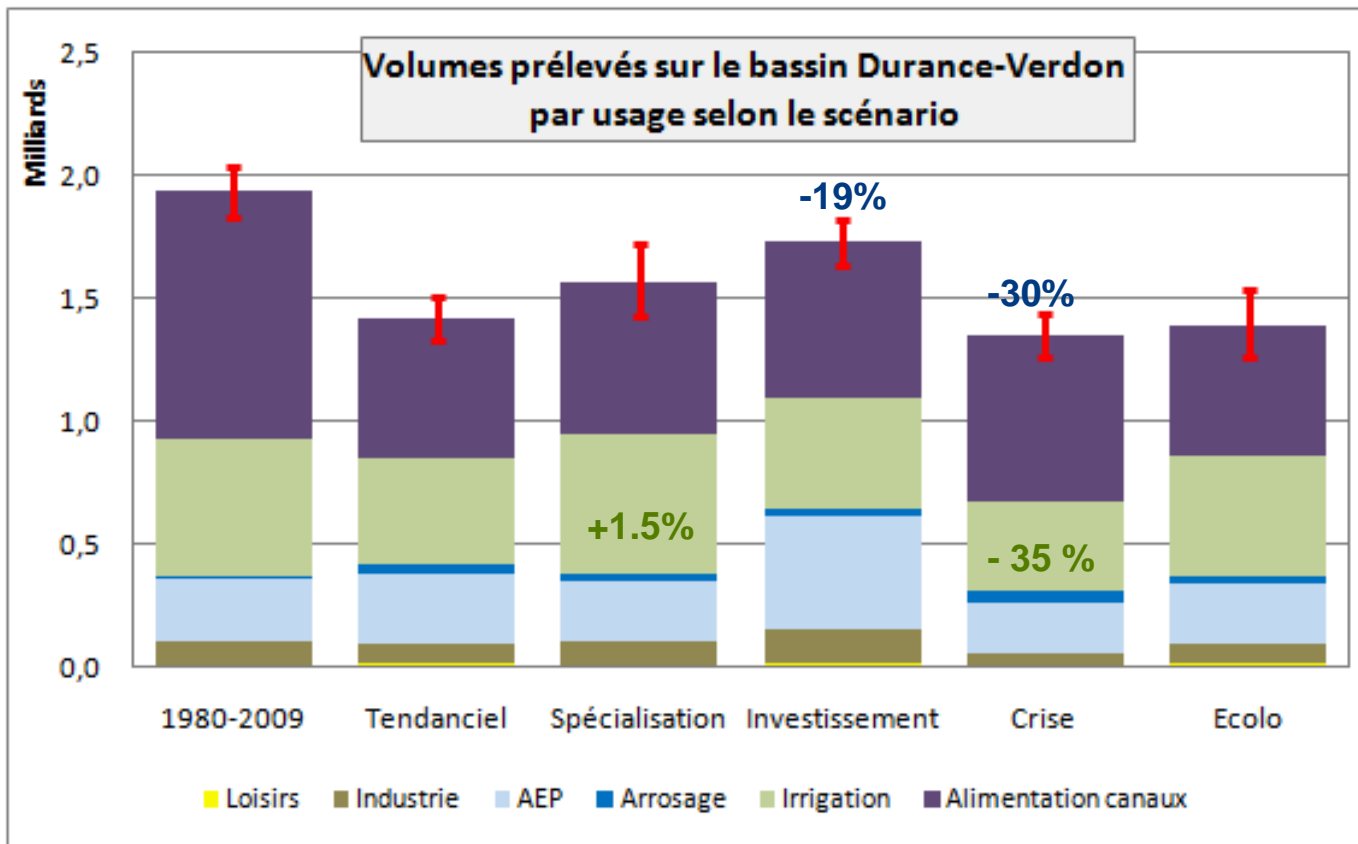


Une enveloppe en matière de prélèvements





Volumes prélevés globalement



Une baisse des prélèvements...

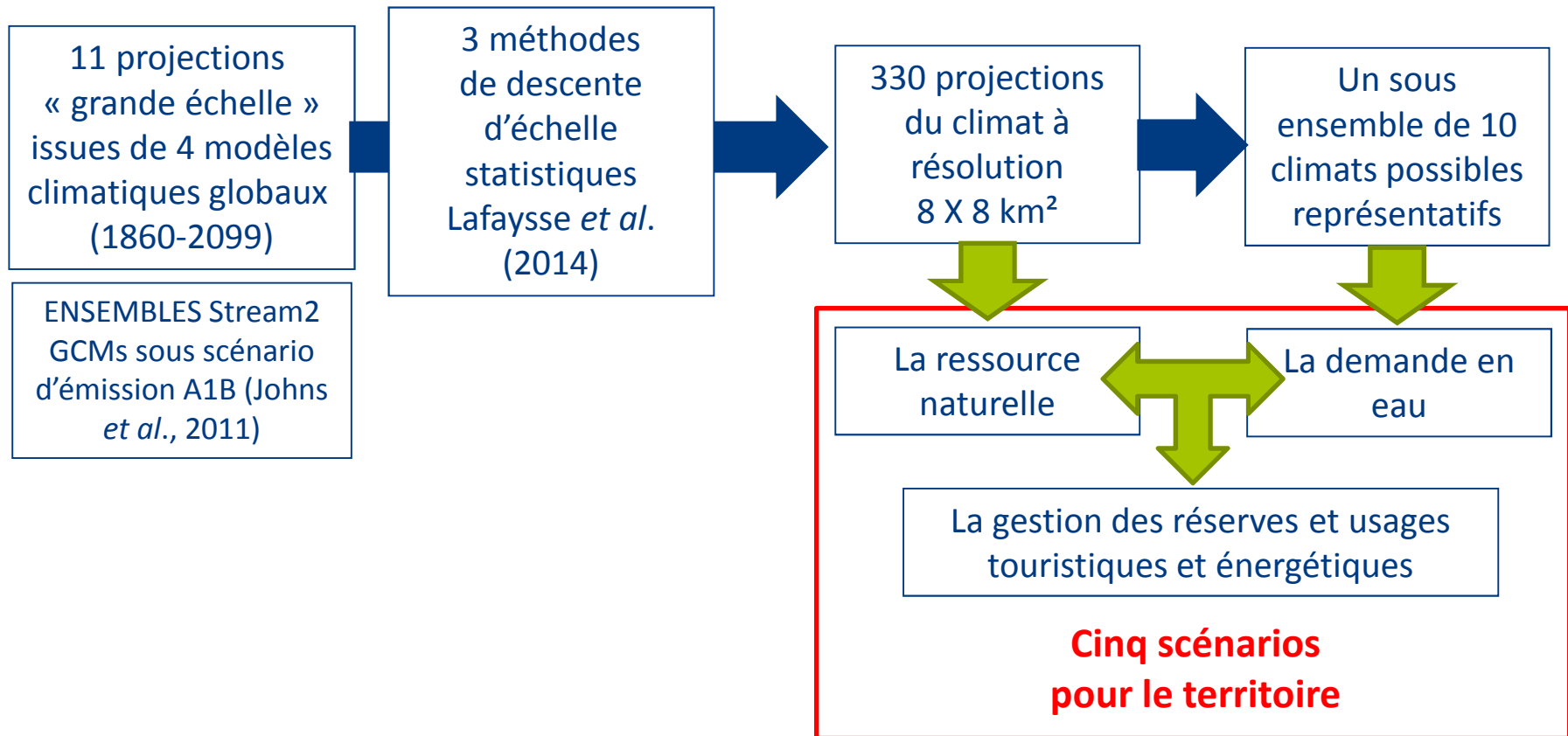
Hausse des rendements des canaux

Du gravitaire au sous pression

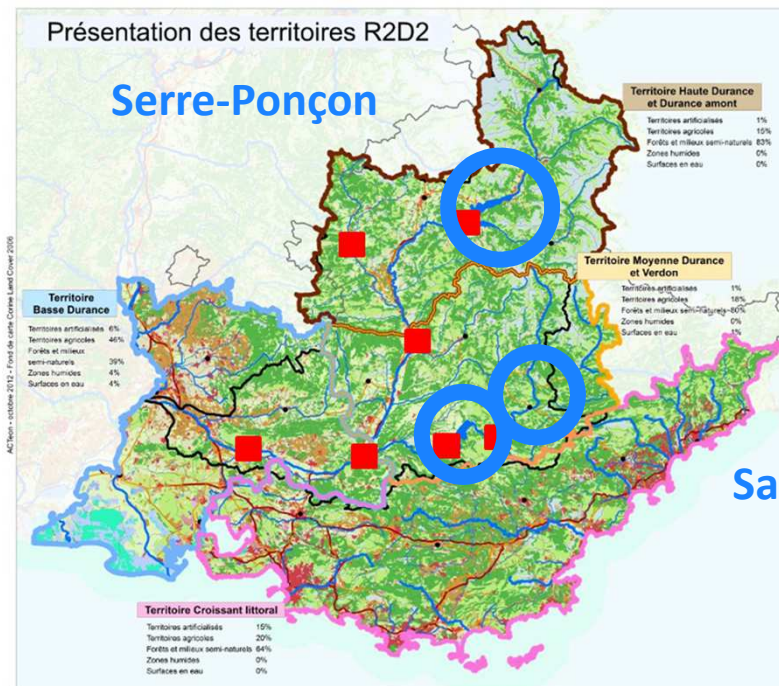
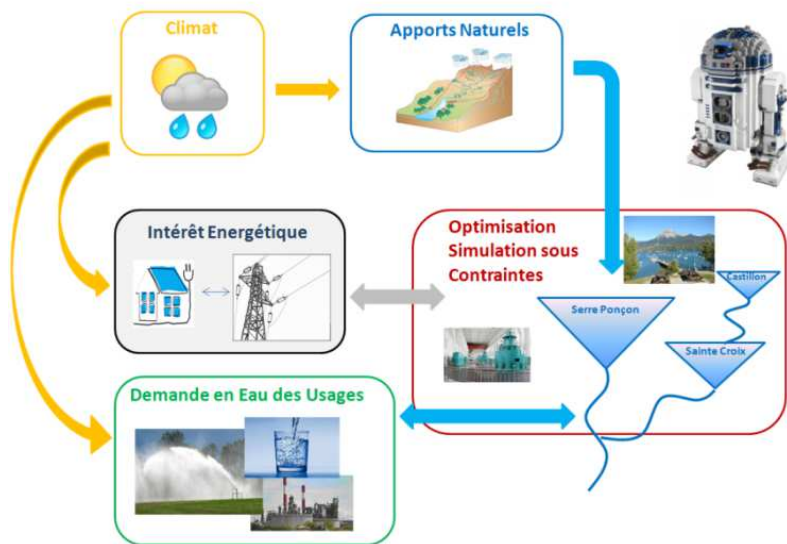


Les composantes du projet

→ Elaboration d'un modèle de gestion des réserves hydrauliques, simplification d'un outil exploité en opérationnel par EDF (incluant l'anticipation de la fonte, le placement énergétique de l'eau, le respect de cotes touristiques et de débits réservés)

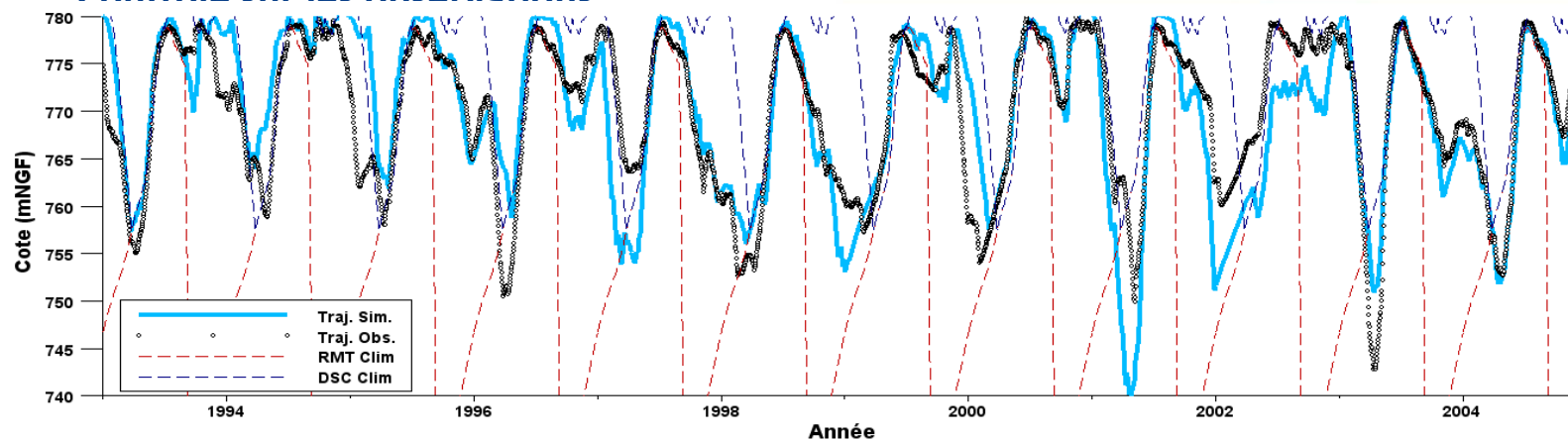


Modélisation de la gestion des réserves et des usages énergétiques et touristiques



Castillon
Sainte Croix

Contrôle sur les observations



La gestion des réserves en 2050

→ Evolution assez homogène selon climat

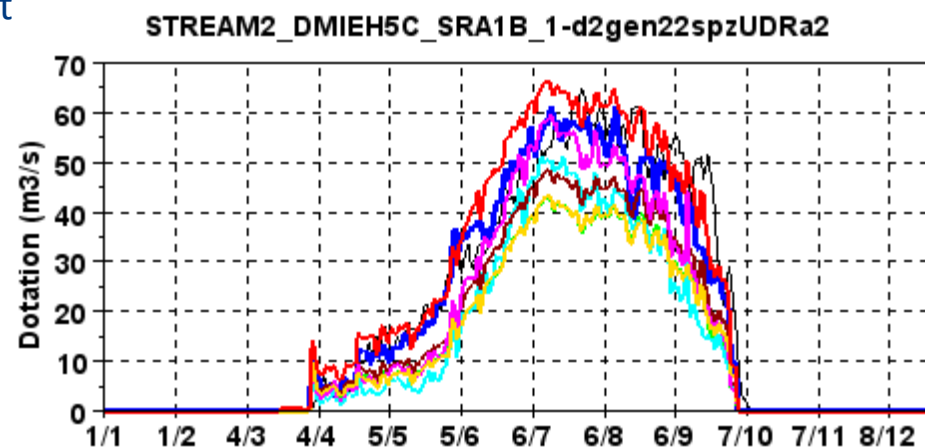
→ Usage constant (**CC_SansCG**) :
hausse d'environ 100 Mm3,
impactant les réserves Durance

→ Usage évoluant :

→ Durance : sollicitation moindre
(en moyenne 100 Mm3)
sauf pour **Spécialisation**

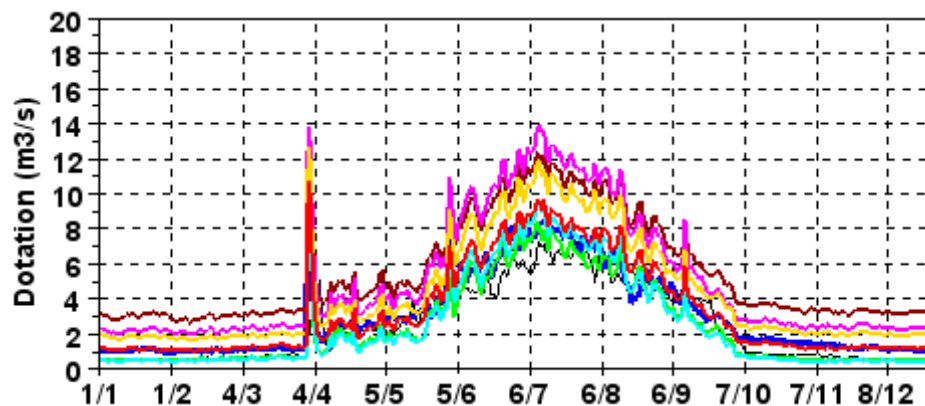
→ Verdon : hausse pour
Spécialisation, Investissement,
Tendanciel (au max. 100 Mm3),
neutre pour **Crise, Ecologique**

- Clim Histo (1980->2004)
- CC_SansCG (1980->2009)
- CC_Crise (2035->2064)
- CC_Ecolo (2035->2064)
- CC_Investissement (2035->2064)
- CC_Specialisation (2035->2064)
- CC_Tendanciel (2035->2064)
- CC_SansCG (2035->2064)



Durance

Verdon

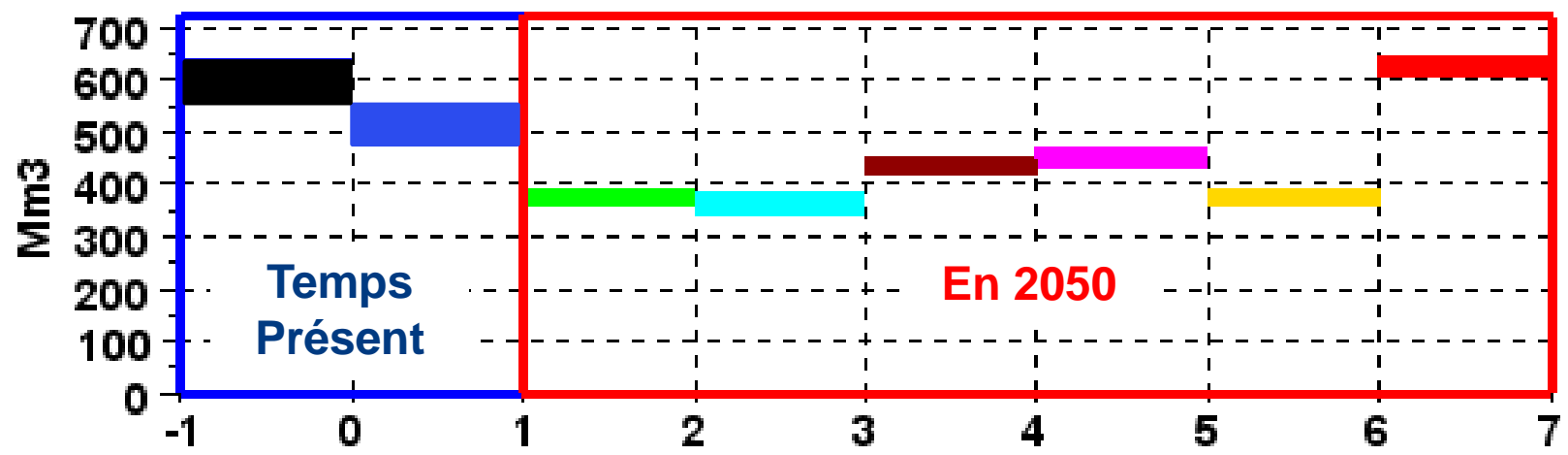




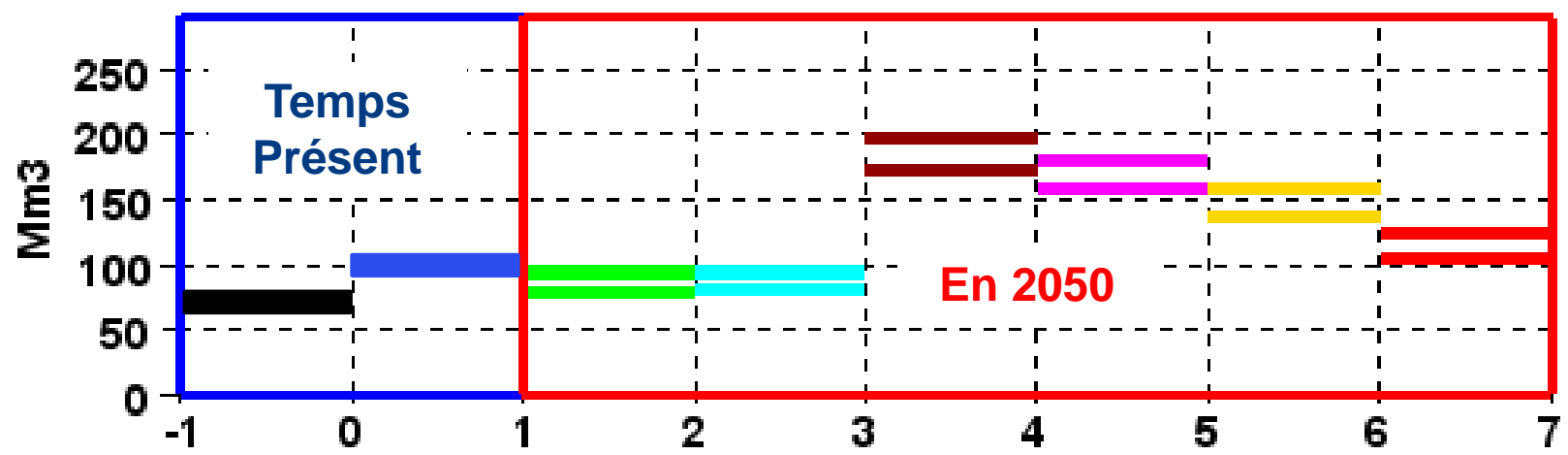
La gestion des réserves en 2050

- CC_SansCG (1980->2009)
- CC_Crise (2035->2064)
- CC_Ecolo (2035->2064)
- CC_Investissement (2035->2064)
- CC_Specialisation (2035->2064)
- CC_Tendancier (2035->2064)
- CC_SansCG (2035->2064)
- Historique

Sollicitation Annuelle Durance



Sollicitation Annuelle Verdon





Conclusion sur le futur de la gestion des réserves

→ Cinq devenirs socio-économiques du territoire (+ 1 sans changement)

- Impact Durance : contraste entre « sans changement » et les cinq scénarios
- Impact Verdon : stabilité pour moitié des scénarios, accroissement du besoin d'eau pour les autres

→ Durance : un avenir « détendu » si le territoire change ?

- **Equilibre offre-demande** : Un potentiel d'économie d'eau peut compenser l'effet du changement climatique. Les prélèvements peuvent être satisfaits dans le respect de la tranche d'eau réservée
- **Cote touristique** : Les évolutions n'aggravent pas la capacité à tenir une cote estivale mais nécessitent une anticipation du remplissage
- **Gestion** : Le gestionnaire creusera moins sa retenue en période hivernale sans pour autant voir diminuer ses turbinages sur cette période **MAIS** sur l'année, la production d'énergie devrait baisser

→ Verdon : un avenir qui appelle à de l'adaptation ?

- **Equilibre offre-demande** : La ressource baisse et les besoins se maintiennent ou augmentent → vers un nouvel équilibre dépendant de l'évolution du territoire. Les tranches d'eau actuelles permettent de répondre aux prélèvements (cependant mobilisation nécessaires à la fois sur les deux retenues Sainte Croix et Castillon du Verdon)
- **Cote touristique** : Difficulté de gérer les deux cotes touristiques au risque 9/10 tenant compte des prélèvements marqués pour deux scénarios (**Spécialisation** et **Investissement**)
- **Gestion** : Le gestionnaire a beaucoup moins de marge pour se mettre au service du système électrique et la gestion de la remontée de cote doit se faire tôt (retenue au plus haut en avril)



La suite et fin du projet (23/06/2014)

- Analyse des incertitudes sur la ressource / la demande en eau
- Achever des simulations (introduction d'une modalité supplémentaire pour simuler la demande en eau agricole)
- Analyse de la confrontation offre – demande (échantillon de variables pertinentes pour la gestion)
- Rédaction du rapport final et transfert aux acteurs
- Valorisation effectué (ex. EGU2013, Hydroeco2013, EGU2014) ou à venir (Preserving Flow 2014, Hyper Droughts, Friend2014)
- Soutenance de thèse de C. Magand (UPMC)